



**VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

*Escuela Politécnica Superior de Zamora*

## **MEMORIA DE RESULTADOS**

Proyecto de Innovación Docente ID2013/061

**DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE  
PRÁCTICAS ESPECÍFICAS DE INGENIERÍA  
INVERSA EN LAS ASIGNATURAS DE DIBUJO  
TÉCNICO Y CAD DE LOS GRADOS DE INGENIERÍA**

### **PARTICIPANTES**

**MANUEL PABLO RUBIO CAVERO**

**JUAN ORTIZ MARCO**

**PEDRO HERNÁNDEZ RAMOS**

**DIEGO VERGARA RODRÍGUEZ**

**Zamora, 28 de Junio de 2014**

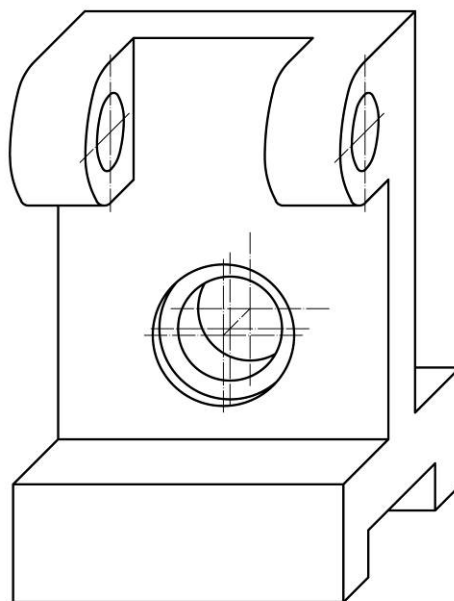
## INTRODUCCIÓN

Dentro de los planes de estudios de los grados de ingeniería, las asignaturas de expresión gráfica ocupan una base fundamental en las competencias que deben adquirir los alumnos. Estas asignaturas se pueden dividir en tres tipos en función de la aplicación a que van dirigidas:

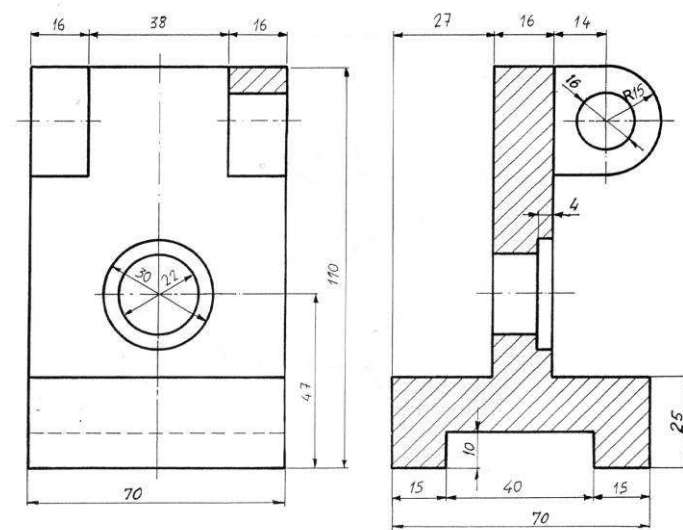
1. Asignaturas de geometría descriptiva y sistemas de representación (Base Teórico-práctica).
2. Asignaturas de normalización y representación de formas corpóreas (Dibujo Técnico).
3. Asignaturas dirigidas al aprendizaje de aplicaciones informáticas de representación gráfica (CAD).

Hasta este proyecto, la línea de trabajo principal en innovación docente de este equipo de investigación ha sido el desarrollo de herramientas didácticas basadas en las tecnologías de la comunicación y de la información (TIC), que han servido para ayudar a los alumnos a comprender diferentes conceptos de ingeniería que precisaban ciertas habilidades espaciales. Dentro de las asignaturas de expresión gráfica se aplicaban a las del tipo 1. Este proyecto, en cambio, se enfoca a los otros dos tipos de asignatura que son de aplicación más práctica en el ejercicio profesional de los futuros egresados y consistirá en el desarrollo e implementación de prácticas específicas de Ingeniería Inversa en el diseño de piezas sólidas y formas corpóreas.

En la ingeniería tradicional se diseñan las piezas dibujando sus vistas ortográficas (planta, alzado y perfil) y con ellas se fabrica la pieza sólida tridimensional. En la **Ingeniería Inversa** que se imparte en las clases, el alumno parte de la pieza en tres dimensiones dibujada en un sistema de perspectiva caballera, isométrica o cónica (fig. 1) y tiene que obtener las vistas ortográficas necesarias para la correcta definición de la pieza (fig. 2).



**Fig. 1.** Pieza en perspectiva caballera



**Fig. 2.** Vistas ortográficas acotadas (alzado y perfil izquierdo)

Este método presenta problemas por las deformaciones inherentes a los sistemas de perspectiva que pueden llevar a cometer errores en el visualizado de las vistas y en el dimensionado de las piezas. Para corregir este problema se pueden sustituir los dibujos en perspectiva por piezas reales (fig. 3). Se facilita la obtención de las vistas pero se añade la dificultad de medir las dimensiones (longitudes y ángulos) en piezas complejas. Además es necesario contar con un gran número de piezas para las prácticas siendo todas distintas. No se puede emplear la misma pieza por todos los alumnos en un ejercicio evaluado.



**Fig. 3.** Ejemplos de piezas reales de las colecciones adquiridas para este proyecto.

La solución que se ha desarrollado es la creación un conjunto de **prácticas específicas** en el Laboratorio de Gráfica Avanzada de la Escuela Politécnica Superior de Zamora (gestionado por el Área de Expresión gráfica en la Ingeniería), utilizando un **Escáner 3D** para digitalizar las piezas tridimensionales de la colección. A partir de las nubes de puntos obtenidas, se obtienen modelos digitales mediante aplicaciones informáticas como AutoCAD que se imparten en las asignaturas de CAD y se integran en archivos "**PDF3D**" que permiten la visualización de los modelos en tres dimensiones utilizando únicamente el lector de archivos pdf (Adobe Reader). De esta forma los alumnos pueden acceder a las piezas de trabajo fácil y rápidamente.

Las asignaturas impartidas por el Área de Expresión Gráfica (EG) en la Ingeniería en las que se pueden aplicar las prácticas específicas de Ingeniería Inversa son:

- Grado de Ingeniería Mecánica (GIM): *Expresión Gráfica, Ingeniería Gráfica y CAD Mecánico.*
- Grado de Ingeniería Civil (GIC): *Expresión Gráfica II.*
- Grado de Ingeniería Agroalimentaria (GIA): *Dibujo Técnico.*

## DESARROLLO

En la primera fase de trabajo se estableció, en base a la experiencia docente de los profesores del Área, cuáles eran los problemas relacionados con la falta de visión espacial de los alumnos que afectan a las representación de piezas y cuerpos sólidos mediante sus vistas ortográficas dentro de las asignaturas implicadas en este Proyecto, analizando qué contenidos del temario de éstas eran los adecuados para cumplir con los objetivos del proyecto.

A continuación se diseñaron una serie de prácticas enfocadas a mejorar la representación de las piezas mediante su digitalización tridimensional, eligiendo las que mejor se adaptaban a los procedimientos y con complejidad creciente.

Una vez establecidas las actividades, comenzó la etapa de aplicación en el laboratorio, optimizando y simplificando los procesos de digitalización y tratamiento de los datos obtenidos. Se eligieron en este punto las aplicaciones informáticas más adecuadas. En esta etapa de trabajo se mantuvo en todo momento una coordinación entre los profesores implicados para que el desarrollo de los procedimientos que cumplan con los objetivos del Proyecto.

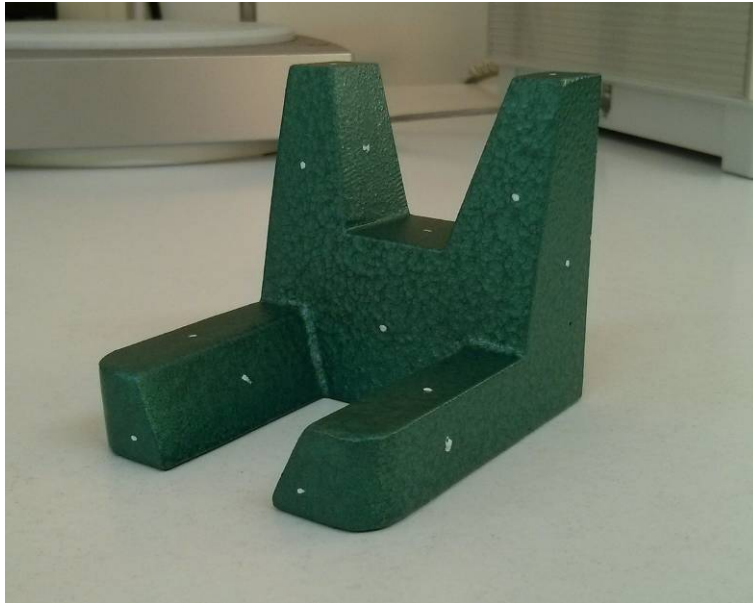
Cuando las prácticas sean operativas, se aplicarán en la docencia de las distintas asignaturas implicadas en este Proyecto y se valorarán los resultados obtenidos para establecer posibles mejoras u otras opciones de posibles trabajos futuros.

## Descripción del proceso

Seguidamente se hace una descripción del proceso seguido para obtener las prácticas. Se utilizará una pieza de la colección de figuras corpóreas (fig. 4) para mostrar las distintas fases y las técnicas empleadas y llegar al resultados final, un archivo pdf con el enunciado de la práctica y el modelo tridimensional integrado en él.

La colección de piezas se compone de 24 figuras de aluminio fundido de la empresa MADITEG. La pieza elegida no es muy complicada y se le incorporan unas marcas en

forma de puntos blancos para facilitar el proceso de alineación en el escaneado 3D como se verá en el siguiente apartado.

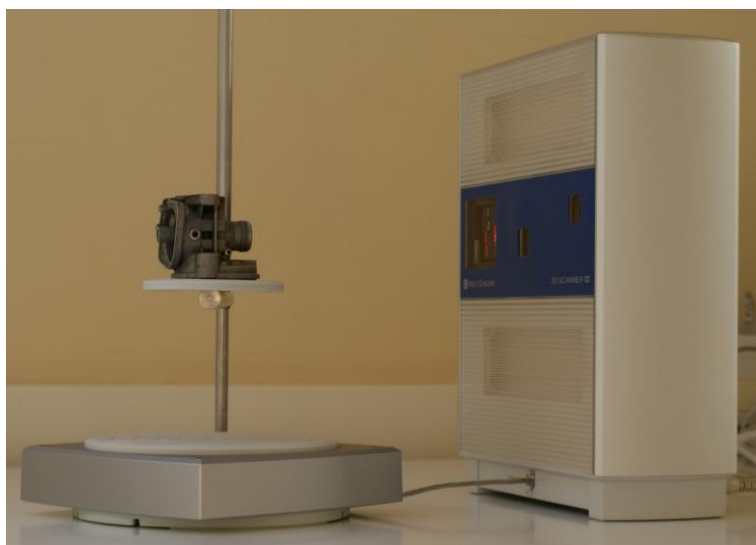


**Fig. 4.** Pieza elegida para digitalizar

### **Escaneado 3D**

La primera fase es escanear la pieza en tres dimensiones para obtener la nube de puntos.

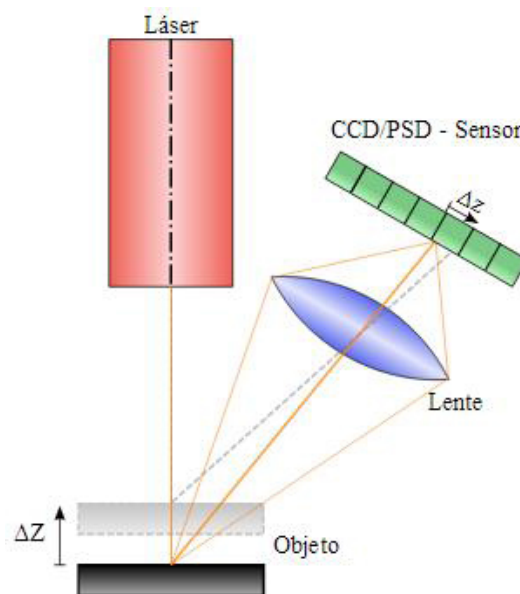
Un escáner 3D (fig. 4) es un dispositivo que analiza un objeto o una escena para reunir datos de su forma y color. La información obtenida se usa para construir modelos digitales tridimensionales que se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones. Desarrollados inicialmente en aplicaciones industriales (metrología, automóvil), han encontrado un amplio campo de aplicación en actividades como la arqueología, arquitectura, ingeniería y entretenimiento.



**Fig. 5.** Escáner 3D NextEngine utilizado en el proyecto.

El propósito de un escáner 3D es crear una nube de puntos a partir de muestras geométricas en la superficie del objeto utilizando con un láser y una cámara. Estos puntos se pueden usar entonces para extrapolar la forma del objeto (un proceso llamado reconstrucción). Si la información de color se incluye en cada uno de los puntos, se obtiene también la imagen de la superficie del objeto. Como se trata de un volumen se requieren múltiples tomas desde muchas direcciones diferentes para obtener información de todos los lados del objeto. Estos escaneados tienen que ser integrados en un sistema común de referencia mediante un proceso que se llama alineación, y que transforma las coordenadas locales de cada toma en coordenadas generales del modelo.

El escáner 3D empleado es un modelo NextEngine que captura objetos a todo color con un multi-láser de precisión y dos cámaras y ha sido cedido por la empresa OmniGraphics S.R.L. para este proyecto. La tecnología que emplea es la triangulación 3D. El haz de luz láser incide en el objeto y se usa una cámara para buscar la ubicación del punto del láser. Dependiendo de la distancia a la que el láser golpee una superficie, el punto del láser aparece en lugares diferentes en el sensor de la cámara.



**Fig. 6.** Esquema de la triangulación 3D

Las nubes de puntos producidas por el escáner 3D pueden ser utilizadas directamente para la medición y la visualización. Sin embargo, la mayoría de las aplicaciones utilizan modelos CAD de malla poligonal 3D que simplifican su uso, aumentan la precisión y reducen el tamaño de los archivos generados. Para hacer la transformación de nubes de puntos a modelos CAD se utilizan diversos programas que optimizan el proceso. Entre ellos se encuentran el AutoCAD y el 3d Studio MAX que se imparten en varias asignaturas impartidas por el Área.

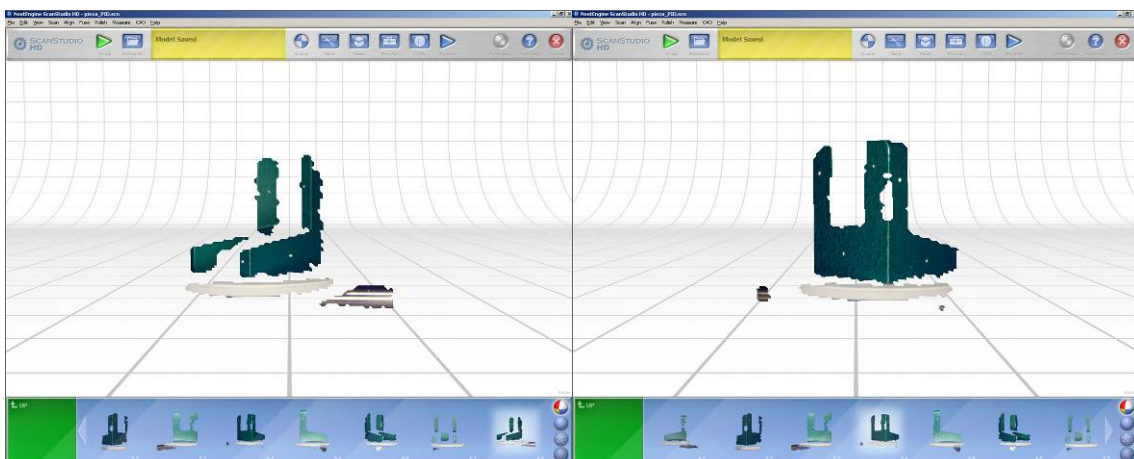
En este caso, la pieza se escanea (fig. 7) con 8 barridos (cada 45°) y con dos ejes de referencia (horizontal y vertical). Se obtienen por tanto 16 porciones de la misma. Para facilitar el proceso la base de la pieza que está conectada al escáner, gira automáticamente el ángulo requerido.





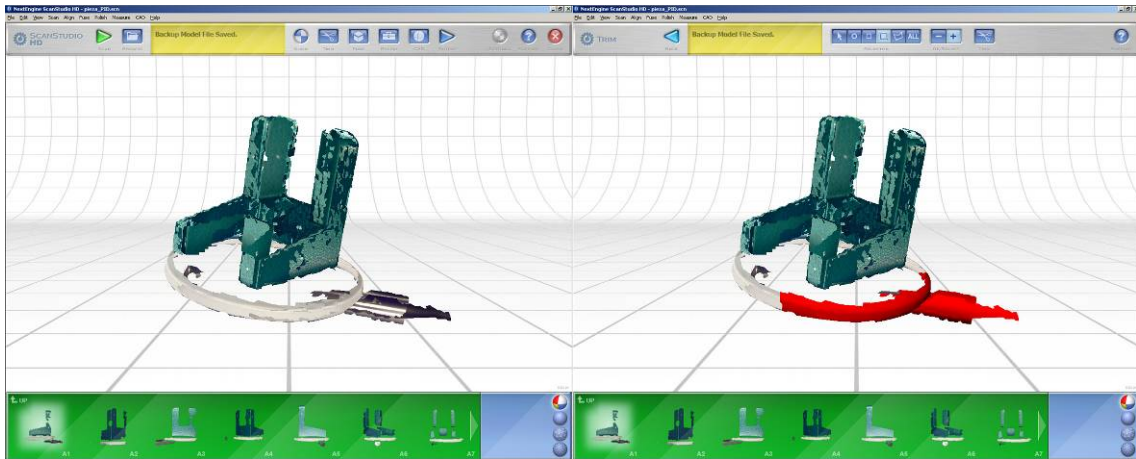
**Fig. 7.** Proceso de escaneado de la pieza

De esta forma se van obteniendo las porciones de la pieza (fig. 8) en el software de control del escáner.



**Fig. 8.** Porciones escaneadas

Por último se eliminan los datos de superficies que no pertenecen a la pieza (fig. 9). Se alinean las porciones y se ensambla el conjunto.



**Fig. 9.** Eliminación de otras superficies

El resultado es la nube de puntos de la pieza (fig. 10), preparada para pasar al formato CAD.



**Fig. 10.** Pieza escaneada en el software de control

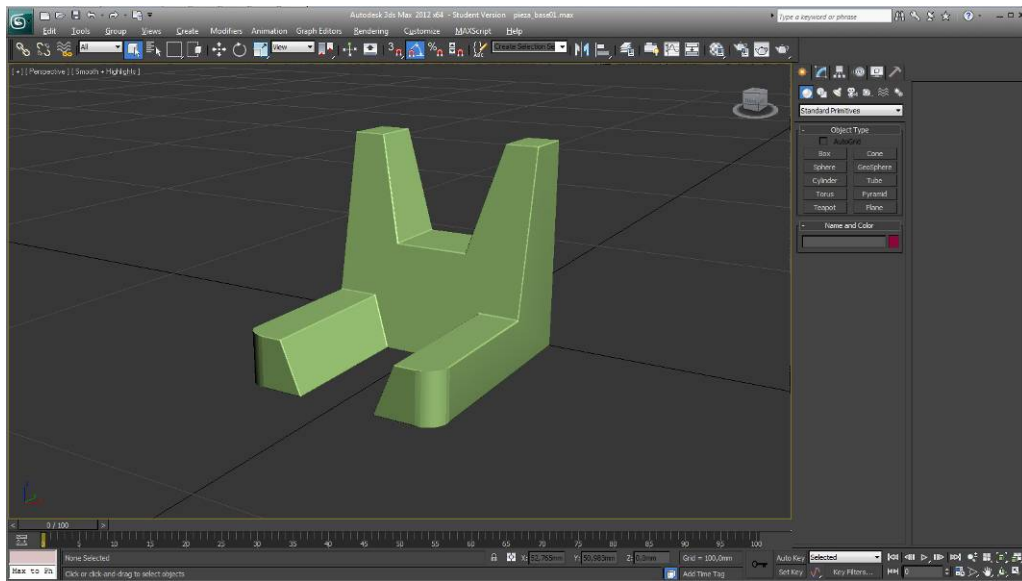
### **Modelado 3D**

Para obtener el modelo CAD a partir de la nube de puntos se ha elegido el programa 3DStudio Max (fig. 11). Además de ser capaz de leer los archivos generados por el software de control del escáner 3D, permite adaptar y ajustar la nube de puntos y generar distintos tipos de superficies CAD. La más utilizada es la malla poligonal en la que la superficie se aproxima con un conjunto de caras triangulares, a mayor número de triángulos mayor es la aproximación a las superficies curvas. Este tipo es el empleado en este proyecto.

Por otra parte el 3DStudio permite crear una iluminación específica para cada pieza

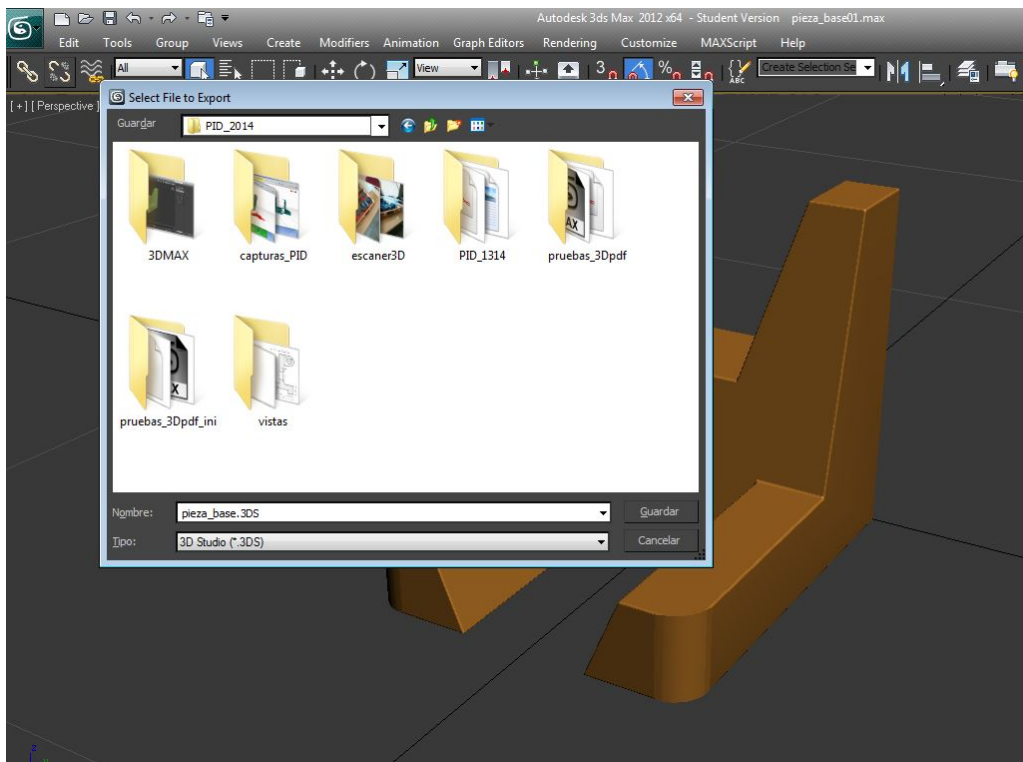


mejorando su visualización y el realce de los detalles.



**Fig. 11.** Pieza convertida en malla poligonal en el 3DStudio MAX

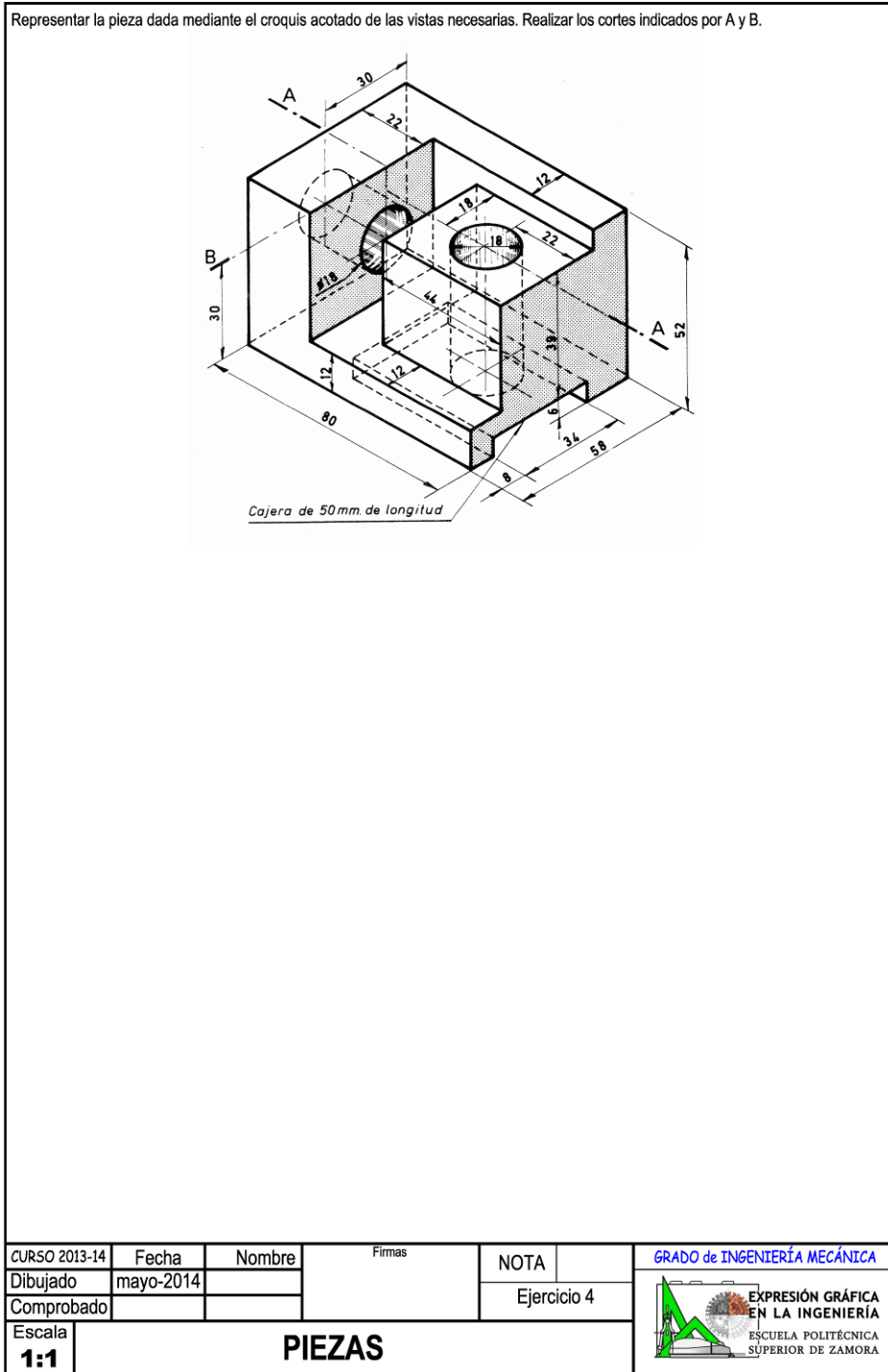
Los modelos así generados se guardan en el formato 3DS (fig. 12), que es un tipo de archivo de intercambio universal de modelos CAD en tres dimensiones y son reconocidos sin problemas por el Adobe Acrobat para la generación de las prácticas en PDF 3D.



**Fig. 12.** Exportación de la pieza al formato 3DS

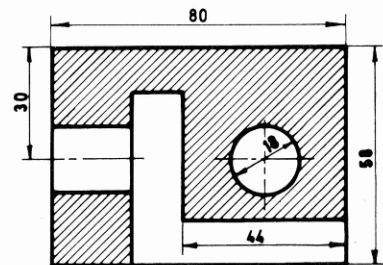
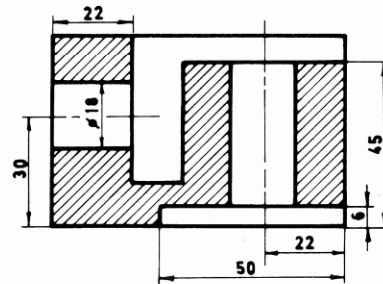
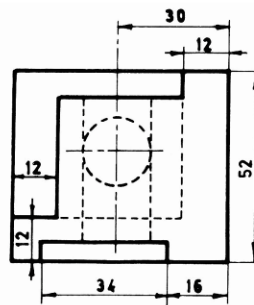
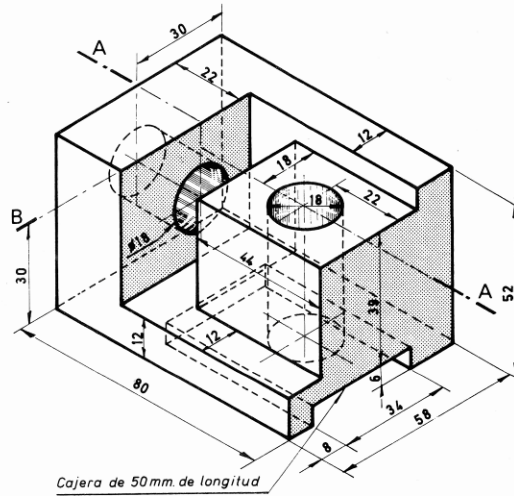
## Creación de las prácticas: AutoCAD

El formato de las practicas de dibujo empleado por el Área de Expresión Grafica en la ingeniería está realizado en el programa de diseño y CAD, AutoCAD. Son habitualmente de tamaño A4 y alguna vez A3. En las figuras 13 y 14 se muestran el enunciado y la solución de un ejercicio típico de este tipo. La pieza a representar y definir se da en perspectiva (isométrica en este caso) y se piden las vistas acotadas.



**Fig. 13.** Enunciado de un ejercicio de representación de piezas

Representar la pieza dada mediante el croquis acotado de las vistas necesarias. Realizar los cortes indicados por A y B.




CURSO 2013-14	Fecha	Nombre	Firmas	NOTA	GRADO de INGENIERÍA MECÁNICA
Dibujado	mayo-2014			Ejercicio 4	
Comprobado					
Escala	PIEZAS				 EXPRESIÓN GRÁFICA EN LA INGENIERÍA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ZAMORA
1:1					

Fig. 14. Solución de un ejercicio de representación de piezas

Estas prácticas se entregan a los alumnos como PDF a través de la plataforma STUDIUM de cada una de las asignaturas. Y bien, se resuelven en las clases prácticas o se pide su entrega en una fecha determinada.

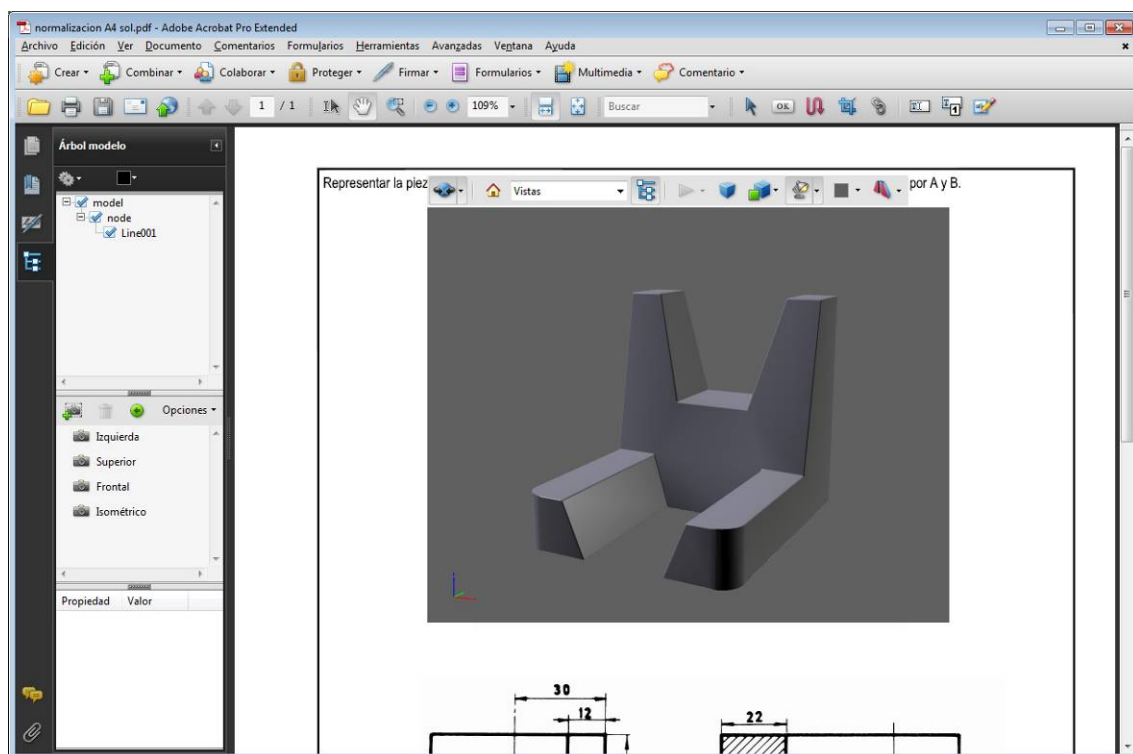
Lo que se hace en este proyecto es sustituir la perspectiva de partida en el enunciado por un modelo en tres dimensiones de la pieza con la que puede interactuar el

alumno para ver mejor las vistas e incluso puede medir para hacer una acotación precisa. El resultado final seguirá siendo un archivo PDF que se utilizará también a través de STUDIUM.

### **Creación de las prácticas: PDF 3D con Acrobat**

En Acrobat, se puede ver e interactuar con contenido 3D de alta calidad creado en programas de modelado 3D o de CAD 3D profesional e incrustados en documentos PDF. Por ejemplo, se puede ocultar y mostrar partes de un modelo 3D, quitar una cubierta para ver su interior y girar sus piezas como si estuvieran en las manos.

Un modelo 3D aparece inicialmente como una imagen de vista previa bidimensional. Al hacer clic en el modelo 3D (fig. 15) con la herramienta Mano o Seleccionar se habilita (o activa) el modelo, se abre la barra de herramientas 3D y se reproduce la animación, si la hay.

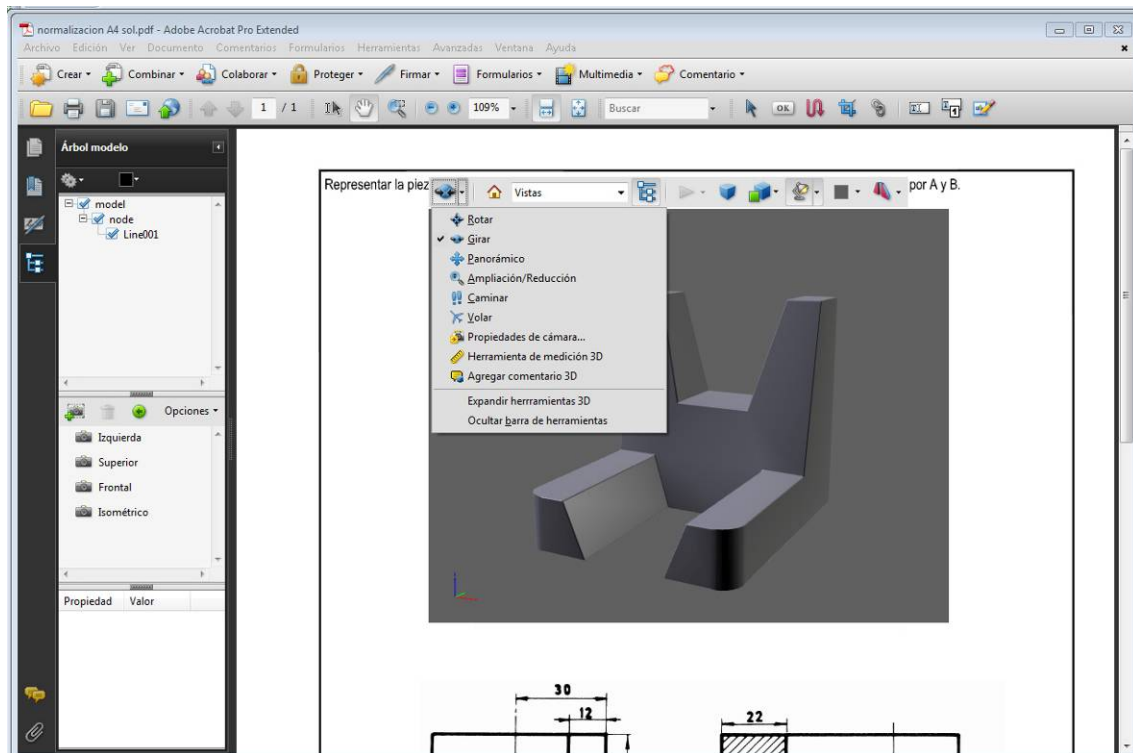


**Fig. 15.** El modelo 3D integrado en un pdf

La barra de herramientas 3D aparece al hacer clic en el modelo 3D con la herramienta Mano. Esta acción activa el modelo 3D y reproduce animaciones cuando se activa el archivo. La barra de herramientas 3D aparece en el área que hay encima de la esquina superior izquierda del modelo 3D, y no se puede mover. Aparece una pequeña flecha a la derecha de la herramienta Rotar en que puede hacer clic para ocultar o expandir la barra de herramientas.

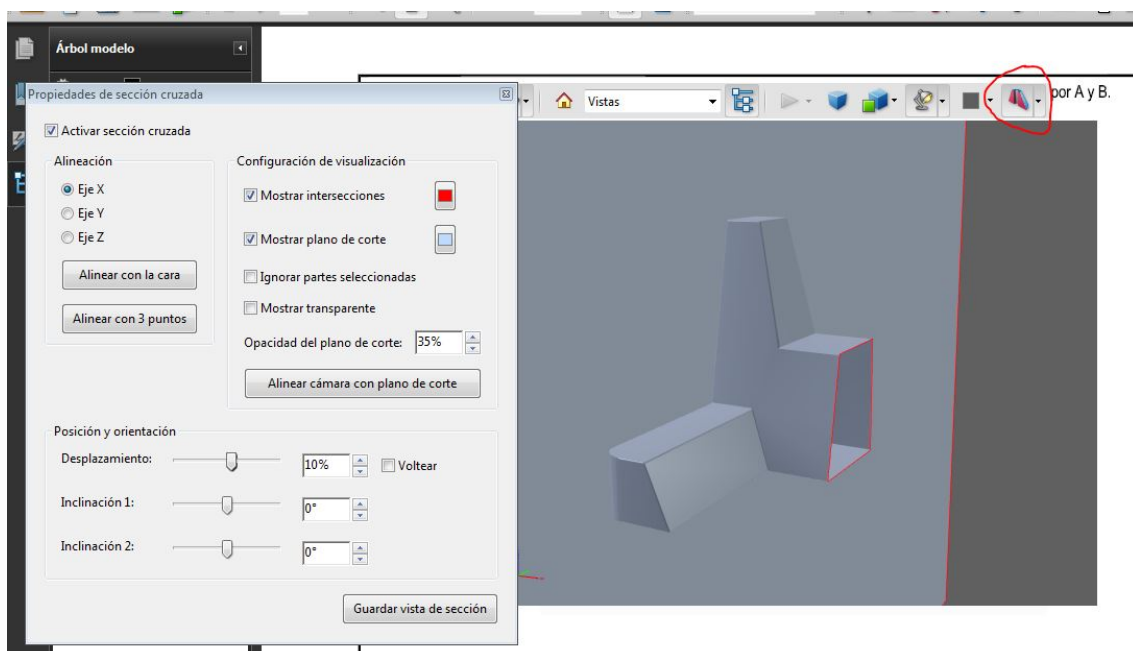
Se puede usar la barra de herramientas 3D para reducir y ampliar el objeto, rotarlo y obtener una panorámica. Mediante el Árbol modelo se ocultan o aíslan partes, o se hacen las partes transparentes.

Un modelo 3D se manipula seleccionando y arrastrando con diversas herramientas de navegación 3D (fig. 16). Se puede rotar, desplazar (subir, bajar o moverse de un lado a otro), y ampliar o reducir.



**Fig. 16.** Herramientas de navegación 3D

Además de poder modificar la iluminación y el modo de visualización de la superficie, se pueden definir planos de corte (fig. 17) para poder ver las partes huecas del interior de las piezas, variando en tiempo real la posición del mismo.



**Fig. 17.** Plano de corte

## RESULTADOS

Siguiendo los procedimientos indicados se ha obtenido una colección de prácticas en formato pdf que incorporan las piezas enunciado en tres dimensiones. Algunos ejemplos se incluyen al final de este documento. Como se entrega en pdf se puede interactuar con las prácticas igual que lo harán los alumnos que las resuelvan. El procedimiento de uso será por un lado imprimir el pdf para que dibujen las vistas manualmente y activar la pieza en el ordenador con el Adobe **Reader** que es el software gratuito estándar utilizado a nivel mundial para visualizar, imprimir y añadir comentarios en documentos PDF.

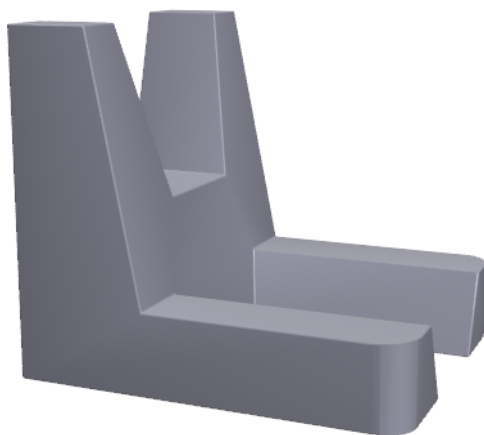
Dichas prácticas no se han podido aplicar este curso en la docencia de las asignaturas implicadas. Se recibió bastante tarde la colección de figuras corpóreas y el proceso elaboración de los modelos es bastante laborioso (sobre todo el escaneado 3D).

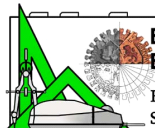
Se utilizarán en el próximo curso y se valorarán los resultados obtenidos para establecer posibles mejoras u otras opciones de posibles trabajos futuros.

Fdo. MANUEL PABLO RUBIO CAVERO  
Profesor Coordinador del Proyecto  
Zamora, 28 de Junio de 2014

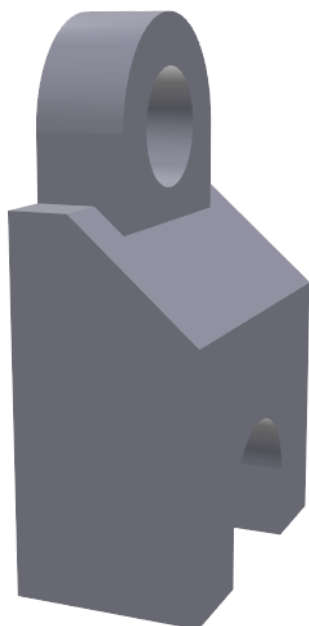


Representar la pieza dada mediante el croquis acotado de las vistas necesarias, aplicando los cortes que sean necesarios.

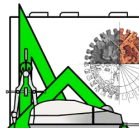


CURSO 2013-14	Fecha	Nombre	Firmas	NOTA	GRADO de INGENIERÍA MECÁNICA
Dibujado	mayo-2014			Ejercicio 4	
Comprobado					
Escala <b>1:1</b>	<b>PIEZAS</b>				 <b>EXPRESIÓN GRÁFICA EN LA INGENIERÍA</b> ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ZAMORA

Representar la pieza dada mediante el croquis acotado de las vistas necesarias, aplicando los cortes que sean necesarios.



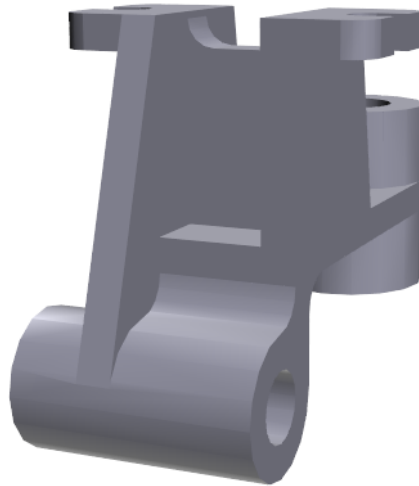
CURSO 2013-14	Fecha	Nombre	Firmas	NOTA	GRADO de INGENIERÍA MECÁNICA
Dibujado	mayo-2014			Ejercicio 4	
Comprobado					
Escala	<div>PIEZAS</div>				
1:1					

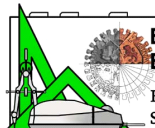


EXPRESIÓN GRÁFICA  
EN LA INGENIERÍA

ESCUELA POLITÉCNICA  
SUPERIOR DE ZAMORA

Representar la pieza dada mediante el croquis acotado de las vistas necesarias, aplicando los cortes que sean necesarios.



CURSO 2013-14	Fecha	Nombre	Firmas	NOTA	GRADO de INGENIERÍA MECÁNICA
Dibujado	mayo-2014			Ejercicio 4	
Comprobado					
Escala <b>1:1</b>	<b>PIEZAS</b>			 <b>EXPRESIÓN GRÁFICA EN LA INGENIERÍA</b> ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ZAMORA	